# 方法

## 模型概况

图2展示了本文提出的ST-Attn-LLM模型的整体结构，该模型采用了空间与时间特征提取-特征增强-预测框架。模型由三个部分组成：时空特征提取模块、特征增强和预测模块。各模块的主要功能如下所示：

（1）时空特征提取模块利用时空注意力机制提取各车站之间的空间特征以及进出站流的时间特征。

（2）特征增强模块整合时空特征提取模块所得到的时间特征和空间特征，利用大模型增强时空特征，并将其转换为稠密向量空间。

（3）预测模块以稠密向量空间为输入，通过时序预测头对未来的进出站流进行预测。

在接下来的章节中，我们将详细介绍各个模块的组成及其相互关系。



## 模型介绍

### 基于时空注意力机制的时空特征提取网络

为准确预估未来 k 个时间步的高铁站进出站流量，该网络旨在从进站和出站流数据中提取时空特征，以便更好地捕捉时序性和空间依赖关系。在交通流量预测等任务中，时空特征的提取对于准确建模客流变化至关重要。为了有效地从复杂的时空数据中学习并提取有用信息，本文提出了基于时空注意力机制的时空特征提取网络。既有研究[18-19]证明了时空注意力机制在捕捉时序数据的时空特征方面具有较大优势，其架构如图 所示。

具体而言，设定进站流为 ，出站流为 ，首先通过公式 将进出站流转换为时间特征数据Pt和空间特征数据Ps，通过公式 分别获取进出站流得查询嵌入（Query）、键嵌入（Key）以及值嵌入（Value）

具体可以表示为以下公式，

其中， 表示模型输入， 表示单元输出， 表示隐藏状态， 分别表示输入门、遗忘门以及输出门， 表示卷积权重， 是偏置项， 是sigmoid函数， 表示双曲正切函数，“\*”表示卷积算子，“ ”表示哈达玛乘积。

